



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS –
PRORH

ANDERSON DE ALMEIDA SANTOS

MODELAGEM DA INTERCEPTAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO
PLUVIAL EM UM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA
DA BACIA DO RIO POXIM, SÃO CRISTÓVÃO-SE.

SÃO CRISTÓVÃO - SE

2018

ANDERSON DE ALMEIDA SANTOS

MODELAGEM DA INTERCEPTAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO
PLUVIAL EM UM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA
DA BACIA DO RIO POXIM, SÃO CRISTÓVÃO-SE.

Dissertação apresentada ao Núcleo de
Pós-Graduação em Recursos Hídricos
como um dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Recursos
Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. André Quintão de Almeida

SÃO CRISTÓVÃO - SE

2018

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S237m Santos, Anderson de Almeida
Modelagem da interceptação da precipitação pluvial em um fragmento de mata atlântica da bacia do rio Poxim, São Cristóvão-SE / Anderson de Almeida Santos; orientador André Quintão de Almeida. -- São Cristóvão, 2018.
40 f. : il.

Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Sergipe, 2018.

1. Recursos hídricos. 2. Bacias hidrográficas. 3. Balanço hidrológico.
I. Almeida, André Quintão de, orient. II. Título.

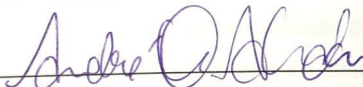
CDU: 556.18

ANDERSON DE ALMEIDA SANTOS

MODELAGEM DA INTERCEPTAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL
EM UM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA DA BACIA DO RIO
POXIM, SÃO CRISTÓVÃO-SE.

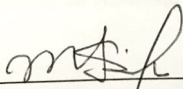
Dissertação apresentado ao Núcleo de Pós-
Graduação em Recursos Hídricos como um
dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Recursos Hídricos.

APORVADA EM: 06 de JUNHO de 2018.

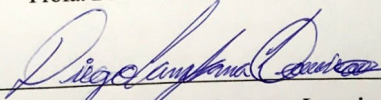


Prof. Dr. André Quintão de Almeida

Orientador



Profa. Dra. Maria Isidoria Silva Gonzaga



Prof. Dr. Diego Campana Loureiro

SÃO CRISTÓVÃO - SE

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder saúde física e mental para concluir o mestrado e pelas inúmeras conquistas que têm me proporcionado em toda a minha vida. De forma muito especial, agradeço a minha noiva, Vanessa Araújo, de quem muitas vezes roubei o tempo que lhe pertencia para dedicar-me ao mestrado. Agradeço pela oportunidade e alegria de estar ao seu lado, minha grande companheira da vida. Por sempre acreditar que os nossos planos e aventuras poderiam e podem se concretizar. Você foi fundamental mais uma vez. Amo-te e muito obrigado.

Ao professor André Quintão, pela amizade, orientação, incentivo e compreensão. O senhor sempre vai além do que o dever impõe. Muito obrigado.

Ao professor Diego Campana por toda ajuda e contribuição. Obrigado.

A todos os professores que fazem parte do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos – PRORH da UFS por todo o conhecimento compartilhado.

Ao PRORH e à Universidade Federal de Sergipe pela formação acadêmica e oportunidade de concluir o Mestrado em Recursos Hídricos.

Ao CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa de estudos para a realização deste trabalho.

RESUMO

A dinâmica do processo de interceptação da chuva pelo dossel florestal depende principalmente das características das chuvas e da estrutura vegetal representando um processo em constante mudança devido aos fatores mutuamente interativos. Este é o primeiro processo pelo qual a água da chuva passa na bacia hidrográfica. O monitoramento e modelagem desse processo são importantes, apesar de muitas vezes desprezados, para se quantificar qual a parcela da chuva que realmente chega ao solo. Para isso, existem modelos que predizem a interceptação de forma direta, ou seja, por meio de equipamentos, como por exemplo, pluviômetros, e de forma indireta, esta sendo realizada através de modelos de base física e analítica, como os modelos de Rutter e de Gash. Com isso, objetivo deste trabalho foi realizar a modelagem da interceptação da precipitação pluvial em um fragmento de Mata Atlântica na microbacia do rio Timbó, Sergipe utilizando o modelo de Rutter. Neste estudo, foram demarcadas três parcelas de 30 x 30 metros ao longo de um fragmento florestal da bacia experimental do rio Timbó, SE. A precipitação interna (PI), em milímetros, foi quantificada a partir da instalação de 75 pluviômetros, 25 em cada parcela experimental. A precipitação externa (P), também em milímetros, foi obtida por meio de um pluviômetro em área descampada, a uma distância de 300 m das parcelas experimentais. A interceptação (I) foi estimada pela diferença entre P e precipitação efetiva (PE). Todos os parâmetros foram monitorados no período de 22/05/2017 a 24/03/2018, resultando em 42 eventos. Com o propósito de relacionar os dados medidos com os estimados, foi realizada a calibração e validação do modelo de Rutter utilizando os dados obtidos no período caracterizado como o de maior quantidade de chuva na região estudada, período de maio de 2017 a setembro de 2017, totalizando 21 eventos de precipitação, que, em seguida, foram submetidos a uma análise de regressão linear simples para ajuste do coeficiente de determinação (R^2). Os parâmetros utilizados pelo modelo de Rutter foram, por exemplo, Latitude; Longitude; Albedo; Altitude; Altura do Anemômetro; Altura da Cultura; Índice de Área Foliar; porcentagem de queda livre; porcentagem de Escorrimento pelo Tronco; Captação Máxima de Armazenamento do Dossel; Radiação Solar Incidente (W/m^2); Umidade Relativa (%); Temperatura do Ar ($^{\circ}C$); Velocidade do Vento (m/s); Precipitação Bruta (mm), obtidos por uma estação meteorológica. Nesse período a precipitação total medida foi 658,4 mm. Obteve-se uma grande amplitude de variação da precipitação no aberto (PA), com mínimo de 2,67 mm e máximo de 190,98 mm. A precipitação interna (PI) alcançou um volume total de 518,5 mm, representando 78,75% da precipitação total incidente acima do dossel. A interceptação totalizou 139,3 mm, equivalente a 21,1% da precipitação no aberto. A PA medida quando correlacionada com a PA estimada pelo modelo de Rutter, apresentou um elevado coeficiente de determinação $R^2 = 0,9464$, considerado satisfatório. O mesmo ocorreu quando foi realizada a regressão linear entre a interceptação (I) medida pelos pluviômetros e a estimada pelo modelo de Rutter (I Rutter), apresentando um elevado coeficiente de determinação $R^2 = 0,9996$. Em seguida foram estimados os valores de interceptação para o período de outubro de 2017 a março de 2018. A interceptação modelada representou 19,21% da PA. A partir dos resultados obtidos por esse estudo, fica comprovado que é possível simular as perdas por interceptação da precipitação pela vegetação (I) de Mata Atlântica, com bom nível de eficiência utilizando o modelo de Rutter, além de servir como ferramenta para monitoramentos dos parâmetros do balanço hídricos de bacias hidrográficas semelhantes.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica; Interceptação Vegetal; Balanço Hídrico; Rutter.

ABSTRACT

The dynamics of the process of interception of rainfall by the forest canopy depends mainly on the characteristics of the rainfall and the vegetal structure, representing a process that is constantly changing due to the mutually interactive factors. This is the first process by which rainwater passes through the river basin. The monitoring and modeling of this process are important, although often neglected, to quantify which portion of the rain actually reaches the ground. For this, there are models that predict the direct interception, that is, through equipment, such as rain gauges, and indirectly, this being done through physical and analytical models such as Rutter models and Gash. With this, the objective of this work was to model the interception of rainfall in a fragment of Atlantic Forest in the Timbó river basin, Sergipe, using the Rutter model. In this study, three 30 x 30 meter plots were demarcated along a forest fragment of the Timbó river basin, SE. The internal precipitation (PI), in millimeters, was quantified from the installation of 75 rain gauges, 25 in each experimental plot. The external precipitation (P), also in millimeters, was obtained by means of a rain gauge in an open area, at a distance of 300 m from the experimental plots. Interception (I) was estimated by the difference between P and effective precipitation (PE). All parameters were monitored in the period from 05/22/2017 to 03/24/2018, resulting in 42 events. In order to relate the measured data to the estimates, the calibration and validation of the Rutter model was performed using the data obtained during the period characterized as the highest amount of rainfall in the region studied, from May 2017 to September 2017, totaling 21 precipitation events, which were then submitted to a simple linear regression analysis to adjust the coefficient of determination (R^2). The parameters used by the Rutter model were, for example, Latitude; Longitude; Albedo; Altitude; Anemometer height; Height of Culture; Foliar Area Index; percentage free fall; percentage of Trunk Run; Maximum Storage of Canopy Storage; Solar Incident Radiation (W / m^2); Relative humidity (%); Air Temperature ($^{\circ} C$); Wind Speed (m / s); Gross rainfall (mm), obtained by a weather station. During this period the total precipitation measured was 658.4 mm. A wide range of open precipitation (PA) was obtained, with a minimum of 2.67 mm and a maximum of 190.98 mm. The internal precipitation (IP) reached a total volume of 518.5 mm, representing 78.75% of the total precipitation incident above the canopy. The interception totaled 139.3 mm, equivalent to 21.1% of the precipitation in the open. The BP measured when correlated with BP estimated by the Rutter model, presented a high coefficient of determination $R^2 = 0.9464$, considered satisfactory. The same occurred when the linear regression between the interception (I) measured by the rain gauges and the one estimated by the Rutter model (I Rutter) was performed, presenting a high coefficient of determination $R^2 = 0.9999$. Intercept values were then estimated for the period from October 2017 to March 2018. The modeled intercept represented 19.21% of the AP. From the results obtained by this study, it is proved that it is possible to simulate losses by interception of precipitation by the Atlantic Forest vegetation (I), with good level of efficiency using the Rutter model, besides serving as a tool for parameter monitoring water balance of similar river basins.

Key words: Hydrographic basin; Plant Interception; Hydric balance; Rutter.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	7
2-OBJETIVOS	11
2.1Geral	11
2.2Específicos	11
3-REFERENCIAL TEÓRICO	12
4-MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1Área de estudo	17
4.2Obtenção de dados	18
4.3Caracterização da vegetação	18
4.5Procedimento experimental	18
4.6Repartição da Precipitação	18
4.11Modelagem da interceptação	18
4.12Modelo Rutter.....	18
5- RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
6-CONCLUSÃO	30
7-REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a crise hídrica está cada vez mais presente no cenário mundial, o que para alguns cientistas seu real motivo está mais voltado para um gerenciamento defasado do que para sua própria escassez e estresse (Rogers et al., 2006). Por outro lado, outros cientistas (Gleick, 2000) corroboram a tese de que o principal motivo para tal situação está relacionado a um conjunto de problemas ambientais, acentuados com outros problemas relacionados à economia e ao desenvolvimento social. O uso água se agrava à medida que há dificuldades reais de disponibilidade e aumento da demanda respectivamente, ou seja, estresse e escassez de água em muitas regiões do planeta em razão das alterações na disponibilidade e aumento dessa demanda.

Fatores relacionados com a elevada variabilidade das precipitações pluviais têm acarretado em eventos extremos, ou seja, períodos de secas e enchentes, tornando-se necessário ter um melhor entendimento acerca da dinâmica do balanço hídrico adotando a bacia hidrográfica como unidade de gestão (SWAROWSKY et al., 2011). A bacia hidrográfica é considerada uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. Esta se compõe de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (Tucci, 1997).

Para um efetivo gerenciamento dos recursos hídricos, é necessário conhecer os aspectos do ciclo hidrológico, os quais Tucci (1993) define como sendo o movimento da água entre os continentes, oceanos e a atmosfera, com constante mudança de estado físico da água, cujo motor dessa circulação é a energia solar, bem como, conhecer os principais componentes do balanço hídrico.

A realização de pesquisas, planejamento e políticas, envolvendo o uso e a disponibilidade de recursos hídricos, é uma forma de promover a gestão das águas de rios e lagos (BRAGA et al., 2005). Esse procedimento pode ser realizado tendo como base o gerenciamento de bacias hidrográficas. Isso porque, esta é uma área onde se pode observar com facilidade a variação do volume hídrico e a intensidade das precipitações pluviais. Com isso, a sua hidrodinâmica pode ser então melhor administrada (LIMA, 2006).

Neste sentido, há uma importância significativa em conhecer os componentes do balanço hídrico de uma bacia hidrográfica, pois a quantidade de água dentro de uma bacia é diretamente proporcional às entradas de água e inversamente proporcional às

saídas da mesma. As entradas de água são decorrentes principalmente da precipitação pluvial. Já pela ação da evaporação (ou evapotranspiração), infiltração e vazão da rede de drenagem advêm da saída de água da unidade hidrográfica. Desse modo, caso a saída seja maior que a entrada, é possível haver uma diminuição do volume de água. Caso contrário, a tendência é que ocorra um aumento no nível da água de rios e lagos pertencente a uma bacia hidrográfica. Esse conceito é definido como balanço hídrico (GOLDENFUND, 2001).

O balanço hídrico pode ser considerado como o resultado de todos os ganhos e perdas de água de uma região, sendo que são consideradas as entradas de águas (fluxos positivos) e as saídas (fluxos negativos). Deve-se levar em conta que a quantidade de água armazenada no solo é considerada um dos fatores mais importantes no balanço hídrico de uma bacia hidrográfica (SWAROWSKY et al., 2010). Assim, para uma bacia hidrográfica torna-se extremamente importante o monitoramento da quantidade e da qualidade de água. Isso porque esses dados permitem determinar a quantidade de água que se encontra disponível para abastecimento, além de permitir a verificação constante do aumento ou diminuição do volume desse recurso (BURIOL, 2009).

O planejamento regional de uso da água de uma determinada região pode ser subsidiado através do cálculo do balanço hídrico, pois a partir dele é possível verificar os períodos de déficit ou excesso hídrico. O seu entendimento em uma bacia é muito importante, pois permite analisar os efeitos das ações antrópicas sobre o ambiente, conferir a disponibilidade hídrica e avaliar a sustentabilidade do ambiente (RENNÓ & SOARES, 2003).

Entre os componentes do balanço hídrico de bacias hidrográficas a precipitação é considerada o principal elemento de equilíbrio (HERBST et al., 2008). No entanto, é de fundamental importância frisar que quando uma precipitação cai sobre uma bacia hidrográfica com vegetação, ocorrerá naturalmente o seu fracionamento em três parcelas: na primeira, uma parte é interceptada e armazenada pela vegetação, e evapora durante ou após o evento; outra parte cai livremente sobre o solo, sem interferência da vegetação, ou depois de ser interceptada é novamente gotejada ao solo; já a última parte alcança o solo via escoamento pelos troncos, após ser interceptada. Assim, a interceptação vegetal da precipitação, como é conhecida, age fracionando a água da chuva, sendo que uma parte do volume total precipitado incidente não chega ao solo. (GIGLIO; KOBAYAMA, 2013; ZHANG et al., 2015; CHENG; LI, 2016; NAVAR, 2017).

O fracionamento da precipitação que acontece logo após o processo de interceptação, pode provocar modificações no balanço hídrico, tornando-se ainda mais relevante em áreas áridas (REYNOLDS, 2001) e de Mata Atlântica (NAVAR, 2017). Nessas áreas a água é um fator limitante para o desenvolvimento econômico, ambiental e social (SADEGHI et al., 2016). Contudo, a interceptação vegetal vem sendo um dos processos mais subestimados em análise da precipitação e escoamento residual, ou seja, componentes do balanço hídrico como a evapotranspiração em bacias hidrográficas com cobertura florestal é composta basicamente pela transpiração da cultura, evaporação direta da água no solo e da evaporação da água interceptada pela vegetação. Acontece que, na maioria dos casos, a componente interceptação é ignorada, especialmente em modelagem do balanço hídrico, gerando erros no escoamento superficial modelado (MUZYLO et al., 2009).

Nota-se com isso, que para se chegar a uma estimativa confiável dos componentes do balanço hídrico em bacias hidrográficas com cobertura florestal, é necessário conhecer a participação da interceptação no processo de evapotranspiração, pois a cobertura florestal possui uma estreita relação com o ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica, interferindo no movimento da água em vários compartimentos do sistema, inclusive nas saídas para a atmosfera e para os rios.

Uma das principais influências da floresta ocorre já no recebimento das chuvas pelas copas das árvores, quando se dá o primeiro fracionamento da água, onde uma parte é temporariamente retida pela massa vegetal e em seguida evaporada para a atmosfera. O restante alcança o piso como gotejamento ou precipitação interna e como fluxo que escoar pelo tronco das árvores. A soma desses dois fluxos hídricos que penetram no dossel da floresta, denominada de precipitação efetiva (LEOPOLDO & CONTE, 1985), é responsável pela água do solo, pela absorção através das raízes, pela transpiração das plantas e, também, pela alimentação dos rios.

A quantidade de água interceptada pelo dossel florestal está diretamente relacionada com a intensidade e duração da precipitação, arquitetura da copa, o índice de área foliar (IAF), as características morfológicas do tronco e o número de árvores por hectare, ou seja, a perda por interceptação depende fortemente da duração da chuva, intensidade da precipitação, estrutura da vegetação e das condições meteorológicas que controlam a evaporação durante e após cada evento de precipitação (RUTTER, 1975; MUZYLO et al., 2009).

A interceptação é responsável por uma parcela significativa do total de água utilizado por uma espécie florestal. Os valores de interceptação podem chegar a 24% da precipitação anual incidente. Em termos genéricos, pode-se dizer que em florestas tropicais de 75 a 96% da precipitação transforma-se em precipitação interna, entre 1 e 2% é convertida em escoamento pelo tronco e entre 4,5 e 24% é interceptada pelas copas das árvores (BRUIJNZEEL, 1990).

Devido à importância da interceptação vegetal para o balanço hídrico, vários modelos matemáticos foram desenvolvidos para a previsão da quantidade de água interceptada pela vegetação (NAVAR, 2017). Atualmente, existem disponíveis na literatura mais de 15 modelos para estimativa da interceptação vegetal florestal (MUZYLO et al., 2009). Os modelos para estimativa da interceptação vegetal são fundamentados para estimar a precipitação interna, escoamento pelos troncos e perdas por interceptação, com base no balanço da água nas folhas e troncos envolvendo precipitação, evaporação e drenagem pelos troncos e, dentre os modelos com base física, destaca-se o pioneiro proposto por Rutter et al. (1971).

Há várias décadas o processo de interceptação das águas das chuvas pelas florestas vem sendo alvo de estudos. Trabalhos de revisão vêm sendo feitos em vários países e trazem diversas informações sobre o assunto (XIAO et al. 2000; CROCKFORD & RICHARDSON 2000; DUNKERLEY 2000; LEVIA & FROST 2003, 2006; LLORENS & DOMINGO 2007).

Em Sergipe, assim como outros estados do nordeste, poucos são os estudos que tenham investigado o processo de interceptação em áreas de floresta, sobretudo usando modelagem. Essa falta de estudos resulta num vazio de informação acerca das variáveis do ciclo hidrológico, dificultando que se consiga uma gestão adequada sobre as bacias hidrográficas do estado. Sendo assim, o presente estudo objetiva realizar a modelagem da interceptação da precipitação em um fragmento florestal de Mata Atlântica localizado na microbacia do córrego Timbó, sub-bacia do rio Poxin-SE, utilizando um modelo proposto por Rutter et al. (1971).

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GERAL

- Realizar a modelagem da interceptação da precipitação pluvial em um fragmento de Mata Atlântica da bacia do rio Poxim, São Cristóvão-SE.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mensurar a repartição das águas de chuva pela Mata Atlântica através dos processos de precipitação interna e escoamento pelo tronco, como também a quantificação da interceptação.
- Estimar precipitação interna (PI); Precipitação Efetiva (PE); escoamento pelo tronco (ET) e o processo de interceptação (I) em um fragmento de Mata Atlântica através do modelo Rutter.

3. REVISÃO DE LITERATURA

O comprometimento das águas é algo amplamente discutido na literatura, como ressaltado por Silveira et al. (2009), que a escassez qualitativa e quantitativa da água está associada a modelos de desenvolvimento baseados na utilização irracional dos recursos naturais. Apesar da baixa disponibilidade, a utilização dos recursos hídricos pelo homem tem sido muito questionada. Processos como o de urbanização, desmatamento e a consequente impermeabilização dos solos resultam num conjunto de problemas ambientais, como mudanças climáticas locais, erosão dos solos e assoreamento das fontes hídricas.

Ferreira et al. (2011) alertam que igualmente a maioria dos rios brasileiros que percorrem áreas utilizadas pela agropecuária, indústria e sede de municípios, os cursos d'água do Estado de Sergipe estão carecendo de cuidados e medidas de proteção. Para isto, é urgente a necessidade de pesquisas que forneçam informações seguras para subsidiarem o planejamento e a gestão das bacias hidrográficas, uma vez que, no Estado de Sergipe, gradualmente, observa-se uma redução do volume produzido nos cursos d'água (SOUZA SILVA, 2015; AGUIAR NETTO, 2011).

Com isso, os estudos acerca do balanço hídrico, principalmente referentes à repartição da precipitação pluvial por meio da interceptação da vegetação, são fundamentais para a geração de informações que auxiliam na gestão das bacias hidrográficas.

Segundo Oliveira Júnior e Dias (2005), a participação da cobertura vegetal no ciclo hidrológico, através do processo de interceptação, possibilita a reciclagem de água pela atmosfera. As copas das árvores promovem o amortecimento, direcionamento e retenção de gotas de água que chegam ao solo, influenciando o escoamento superficial e o processo de infiltração. Essa dinâmica favorece o abastecimento de água e minimiza as variações de vazão ao longo do ano, além de retardar os picos de cheia.

Jiménez et al., (1996) salienta que dentre os ecossistemas florestais, a floresta nativa é o que atua de forma mais expressiva no balanço hídrico devido à sua biodiversidade, complexidade e ao próprio comportamento das comunidades dos fragmentos. Segundo esses autores, o conhecimento do tamanho de cada uma das três frações na partição das chuvas, interceptação, precipitação interna e escoamento pelo

tronco são complementos indispensáveis para obtenção de valores precisos do balanço hídrico numa floresta.

Pioneiro nos estudos sobre a interceptação de chuva pela vegetação, Horton em 1919, lançou as bases técnicas de medidas experimentais para quantificação da interceptação vegetal através da precipitação, com a distribuição de diversos pluviômetros em diferentes situações e posições e interceptômetros artesanais para determinar o escoamento pelos troncos. As técnicas utilizadas por Horton, são aplicadas ainda nos dias atuais por outros autores (IZIDIO et al., 2013; LORENZON et al., 2015; SADEGHI et al., 2015; BRASIL et al., 2017), que aplicaram modificações advindas das novas tecnologias. A quantidade de água interceptada, é geralmente quantificada pela diferença entre a precipitação total (P) e a precipitação efetiva, definida como o somatório da precipitação interna (P_i) mais o que escoar pelos troncos (Esc) (FAN et al., 2014).

Crockford & Richardson (2000) em seu trabalho, constata que é difícil sugerir conclusões gerais sobre perdas por interceptação vegetal. Os autores afirmam ainda que as principais dificuldades para ter resultados conclusivos incluem as características da vegetação, como por exemplo, uniformidade da vegetação, ângulo da ramificação, densidade, etc. Além da vegetação, fatores climáticos como medidas de ETo , velocidade do vento, intensidade da chuva, etc., dificultam uma generalização dos dados, sendo necessário medidas pontuais para cada local. Na revisão, os autores citam três trabalhos em áreas semiáridas e áridas: Pressland (1973) registrou uma interceptação de 13% com a espécie *Acaciaanuera* F. Muell, em Quesland, Austrália. Já em uma região árida no Canadá, os autores ditam o trabalho de Couturier & Ripley (1973) que avaliando gramíneas observaram a variação entre 21 a 32% de interceptação, dependendo da altura em que a gramínea se encontra. Já o terceiro trabalho que os autores citam é o de Navar e Bryan (1994) no qual apresentam um estudo em vegetação arbórea que obtiveram uma interceptação vegetal de 27%, em uma região semiárida do México.

Muzylo et al., (2009) realizou um trabalho sobre revisão de modelos com base física para a estimativa de interceptação vegetal. Embora o trabalho apresente 11 modelos distintos, sendo os modelos de Gash e o de Rutter os mais utilizados para a região semiárida. Em estudos apresentados até 2008 foi possível notar a aplicação dos modelos de Rutter (DOMINGO et al., 1998), Gash (NAVAR; BRYAN, 1994) e Gash espaço (NAVAR et al., 1999a; JACKSON, 2000).

Assim como em outras regiões, alguns trabalhos negligenciam a interceptação vegetal em seus cálculos de balanço hídrico (GLOVER et al., 1962; ONG et al., 2000; ROWAILY et al., 2012). Na Ásia Central, a interceptação é considerada uma fração pequena dentro do ciclo hidrológico (SHARDA et al., 2006; MASSUEL et al., 2013) e outros trabalhos focam apenas em uma parte do particionamento como o escoamento pelo tronco (ZHANG et al., 2013). Embora negligenciado, observou-se que na região a interceptação é responsável por até 29,1% da precipitação.

Giglio e Kobiyama (2013) revisaram trabalhos em diferentes partes do mundo e verificaram valores relevantes do volume interceptado pela vegetação. Em florestas chilenas esse valor atingiu até 36% da precipitação total, em coníferas no Himalaia esse valor chegou a representar 22% (LOSHALI e SINGH, 1992). Nas formações florestais brasileiras, perdas por interceptação de até 37,6% foram registradas no Cerrado (LIMA e LEOPOLDO, 2000); 22,6% na região Amazônica (CUARTAS et al., 2007); 20,6% em Mata Atlântica (ALVES et al., 2007) e 17,9% na Caatinga (IZIDIO et al., 2013). Giglio e Kobiyama (2013) também abordam uma revisão de literatura sobre os estudos de interceptação em diferentes florestas no Brasil. Até o presente estudo, apenas o trabalho de Medeiros et al. (2009), trabalhou medindo e modelando dados de interceptação para a vegetação caatinga, típica do clima semiárido brasileiro. O estudo aponta ainda a dificuldade de outros estudos (MONTENEGRO; RAGAB, 2012) para a realização de outros trabalhos hidrológicos por falta de informações acerca do valor interceptado por determinada vegetação.

Coelho Netto et al. (1986) estudaram o processo no Maciço da Tijuca, no Rio de Janeiro. Em reflorestamento com espécies nativas da região, determinaram a precipitação interna média como sendo equivalente a 88,6% da precipitação total. Os fluxos de escoamento pelo tronco não foram medidos e a interceptação foi estimada em 11,4%.

De maneira geral, os estudos em florestas nativas são escassos, principalmente no Brasil, que por sua vez, tais estudos, foram realizados predominantemente na região Amazônica (CUARTAS et al., 2007; FERREIRA; LUIZÃO; DALLAROSA, 2005; FRANKEN et al., 1992; MOURA et al., 2009) ou em Mata Atlântica (ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003; OLIVEIRA et al., 2008; ÀVILA et al., 2014). Entre os ecossistemas da Mata Atlântica, existem apenas estudos de medição da interceptação, realizados em Floresta Ombrófila Densa (ÁVILA et al., 2014; MOURA et al., 2009;

SCHEER, 2009), Floresta Seca (BRITEZ et al. 1998), Floresta Paludosa (BRITEZ et al., 1998) e Floresta Estacional Semidecidual (SHINZATO et al., 2011).

Percebe-se que a modelagem da interceptação tem sido alvo de pesquisas em todo o mundo (MUZYLO et al., 2009), com a utilização dos mais variados modelos, para a estimação do percentual interceptado, em diferentes condições climáticas e vegetativas. De acordo com Muzylo et al. (2009), até o ano de 2008 existiam ao menos 15 modelos fisicamente fundamentados para a modelagem da interceptação dispostos na literatura. Entre os mais requisitados se destacam os modelos originais de Gash e Rutter. Em toda a América do Sul, existem menos de 10 aplicações dos referidos modelos, visto que a maioria dos trabalhos foi realizada em ambientes sob domínio da floresta amazônica (CUARTAS et al., 2007; GERMER; ELSNBEER; MORAES, 2006; LLOYD et al., 1988; ZENG; SHUTTLEWORTH; GASH, 2000). Neste contexto, a seleção, ajuste e validação de modelos físicos de interceptação de chuva pelo dossel sob condições de florestas em regiões de clima tropical, podem ser vistos como um avanço no intuito de contribuir para o entendimento das relações dos parâmetros do balanço hídrico imperantes neste ecossistema.

A Tabela 1 traz alguns dos estudos realizados no mundo acerca da interceptação da precipitação.

Tabela 1 – Estudos de Interceptação vegetal no mundo.

AUTORES/ANO	PAÍS	INTERCEPTAÇÃO (%)
Albergelet al. (2011)	Líbia	20,0
Garcia Estringana (2011)	Espanha	De 13 a 50
Fathizadehet al (2017)	Irã	10,2
Zhang et al., (2016)	China	De 19,2 a 24,9
Navar (2017)	México	De 14 a 26
Medeiros et al., (2009)	Brasil	13
Izidioet al., (2013)	Brasil	17
Brasil et al., (2017)	Brasil	18,4

Como visto em alguns trabalhos acima citados, no Brasil, igualmente a outros países, vem sendo desenvolvido trabalhos sobre a repartição de água da chuva em diversas regiões sob diferentes condições climáticas e de vegetação. Arcova et al.

(2003), por exemplo, monitorando uma floresta secundária de Mata Atlântica, quantificou a precipitação interna, a precipitação total e o escoamento da água pelo tronco. Foi constatado que 18,6% da precipitação total foram interceptadas pela cobertura vegetal.

No trabalho de Vieira e Palmier (1997), realizado em uma área florestada na região metropolitana de Belo Horizonte, foram quantificadas as parcelas de precipitação interna, escoamento pelo tronco e perda por interceptação, como sendo 67, 10 e 23%, respectivamente.

Oliveira et al. (2008) constataram que é possível simular as perdas por interceptação da precipitação pela vegetação (I) para a região tropical da FLONA de Caxiuanã, com bom nível de eficiência, utilizando o modelo de Rutter. No estudo foi demonstrado que a aplicação do modelo de Rutter produziu superestimativas dos valores medidos de interceptação durante a maior parte do período analisado. Para o total acumulado em todo estudo, o modelo de Rutter gerou uma superestimativa de apenas 0,5% (1,1mm) do valor de interceptação medido, considerado satisfatório.

Segundo Neto et al. (2009), o modelo de Rutter foi efetivo quando utilizado para estimar a perda por interceptação da precipitação em florestas plantadas com eucalipto localizadas em uma área de clima tropical na estação chuvosa. Os resultados da modelagem mostraram que o modelo de Rutter é fisicamente realista e capaz de simular bem.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A área escolhida para desenvolver este estudo foi a bacia experimental do Timbó que integra a bacia do rio Poxim (Figura 1), localizada no município de São Cristóvão-SE, cujas coordenadas geográficas centrais são: latitude 10°19'S; longitude 36°39'O e altitude aproximada de 20 m. Esta bacia compõe a bacia hidrográfica do rio Sergipe, considerada a mais importante do Estado, em termos de número de habitantes, demanda de água e de concentração de indústrias (ANA, 2001). O clima dessa região é o tropical chuvoso com verão seco e pluviometria em torno de 1200 mm anuais com chuvas concentradas nos meses de abril a setembro e temperatura média anual de 25 C° (MELO et al., 2010). O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico, de textura franco-arenosa e um relevo de plano à suave ondulado.

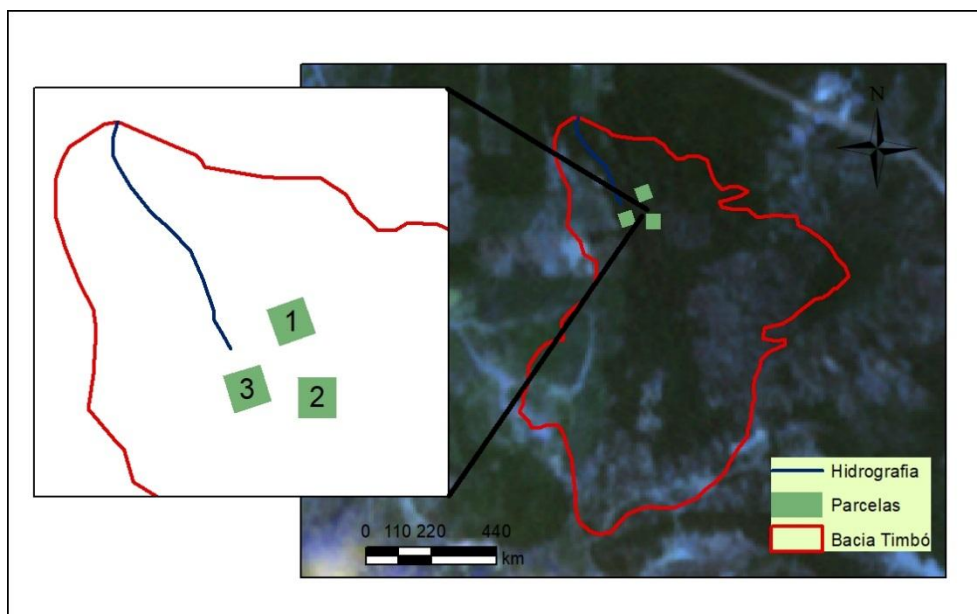


Figura 1: Localização da bacia experimental do Timbó, SE. Fonte: LIMA (2017).

Esta região da bacia experimental do rio Timbó possui aproximadamente 32 ha, sendo que por meio da demarcação de parcelas com medidas de 30 m x 30 m, foram utilizados 12 ha para o presente estudo.

A região apresenta impactos ambientais decorrentes da pressão antrópica, pois a utilização da área para atividades como, por exemplo, pecuária, extração de madeiras,

entre outras, acaba comprometendo ainda mais a vegetação local, sendo esta composta por espécies nativas do bioma Mata Atlântica, cujas espécies desempenham a função de mata ciliar.

Obtenção dos dados

Caracterização da vegetação

Para a caracterização da vegetação foram utilizados os dados encontrados por Lima (2017), que, ao analisar a estrutura vertical e horizontal da vegetação nesta mesma área de estudo no ano de 2017, nos meses de maio e junho, serviram como dados de entrada (referentes às características da vegetação) exigidos pelo modelo de Rutter, como por exemplo, a altura da cultura, o índice de área foliar (IAF), estrutura do dossel.

Procedimento experimental

Repartição da Precipitação

Nesta etapa do estudo, foram utilizados os dados medidos por Lima (2017) que estimou o comportamento da precipitação interna, precipitação efetiva, e o escoamento pelos troncos em um fragmento de Mata Atlântica na bacia experimental Timbó. No entanto, para este trabalho, foram utilizados apenas os dados medidos durante o período de 22/05/2017 a 26/09/2017, totalizando 21 eventos de precipitações.

Modelagem da Interceptação

Modelo de Rutter

O modelo de Rutter (RUTTER et al., 1971; 1975) trata a árvore como um tanque de armazenamento de água, que possui como entrada a precipitação e como saídas a evaporação, a drenagem de copa e o escoamento pelos troncos. Na prática, os valores de precipitação total (PT), precipitação interna (PI) e escoamento pelo tronco (ET) são medidos pela diferença entre a PT e a soma PI+ ET, sendo assim obtidos os valores de interceptação (I). A partir desses valores, modelos de estimativas de interceptação da precipitação pluvial podem ser ajustados.

Existem dois grupos de modelos que podem ser utilizados para estimar o processo de interceptação das precipitações, aqueles baseados no empirismo, através de relações diretas de entrada e saída no sistema, e o outro, fundamentado nos mecanismos

físicos que regem a interceptação. Para esse estudo foi aplicado o modelo físico matemático. É importante ressaltar que vários são os modelos físicos e suas modificações utilizadas na estimativa da interceptação da precipitação pluvial em florestas (Liu S., 1997; Gashet al., 1995; Calder, 1996; Zeng et al., 2000; Murakami, 2007). O modelo de Rutter é amplamente difundido e bastante utilizado, independente do tipo florestal (Valente et al., 1997).

Foi utilizado o modelo de Rutter (Rutter et al., 1971 e 1975), o qual é fisicamente fundamentado, baseado essencialmente nos cálculos dinâmicos dos balanços hídricos do dossel e dos troncos. Esse modelo tem sido o mais utilizado para estimativa de I e aplicado em diversos tipos de florestas. O fluxograma do modelo de Rutter (Figura 7) descreve o processo de interceptação (Valente et al., 1997 e Valente, 1999).

O modelo estima a precipitação interna (P_i), o escoamento pelo tronco (E_t) e a interceptação (I) a partir da precipitação pluvial e dados meteorológicos. Essencialmente, o modelo é baseado em equações que simulam o balanço de água na copa e no fuste da árvore, como segue:

$$(1 - p - p_i)PT = D + Ev + \Delta C \quad (5)$$

$$p_i PT = E_{vt} + E_t + \Delta C_t \quad (6)$$

onde, PT é a precipitação pluvial total acima do dossel, D é a drenagem da água da copa, Ev a taxa de evaporação da água retida nas folhas, ΔC a variação do estoque de água armazenada no dossel, E_{vt} a evaporação da água retida no tronco, E_t o escoamento de água pelo tronco e ΔC_t a variação da água armazenada no tronco.

Além do Rutter, os demais modelos de interceptação usam a formulação de Penman - Monteith para estimar a evaporação.

A taxa de drenagem da copa (D) é calculada por:

$$D = D_s \exp[b(C - S)], \text{ quando } C \geq S \quad (7)$$

$$D = 0, \text{ quando } C < S \quad (8)$$

onde, D_s é a taxa de drenagem quando $C = S$ e b um coeficiente empírico. Os valores de $b=5,25$ e a drenagem $D_s=0,0014$, quando $C = S$.

O escoamento pelo tronco é estimado pelo seguinte conjunto de equações:

$$Et = Ct - St, \text{ quando } Ct \geq St \quad (9)$$

$$Et = 0, \text{ quando } Ct < St \quad (10)$$

Uma grande vantagem apresentada pelo modelo de Rutter é a escala temporal de entrada e análise dos dados. Diferente de muitos modelos, seus cálculos são realizados na escala horária, o que aumenta ainda mais a confiança dos resultados encontrados. A escala temporal é de fundamental importância nos estudos de interceptação, pois os valores interceptados estão diretamente relacionados com as características dos eventos de chuva.

Período de estudo

Para o presente estudo foram analisados os eventos de precipitações referentes aos meses de maio de 2017 a março de 2018, totalizando 10 meses. Os dados de precipitação dos quatro primeiros meses foram utilizados para realizar a calibração do modelo de Rutter. Alguns desses dados de entrada do modelo foram, por exemplo, Latitude; Longitude; Albedo; Altitude; Altura do Anemômetro; Altura da Cultura; Índice de Área Foliar; porcentagem de queda livre; porcentagem de Escorrimento pelo Tronco; Captação Máxima de Armazenamento do Dossel; Radiação Solar Incidente (W/m^2); Umidade Relativa (%); Temperatura do Ar ($^{\circ}C$); Velocidade do Vento (m/s); Precipitação Bruta (mm), obtidos através da estação meteorológica.

Após ser realizada a calibração do modelo, utilizando-se como estatística de ajuste o modelo de regressão linear simples, no qual foi possível ajustar o coeficiente de determinação (R^2) para os parâmetros utilizados. Em seguida foram estimados através do modelo de Rutter, os valores da perda por interceptação e feita a repartição da precipitação para a área analisada para o período de 02/10/2017 a 24/03/2018.

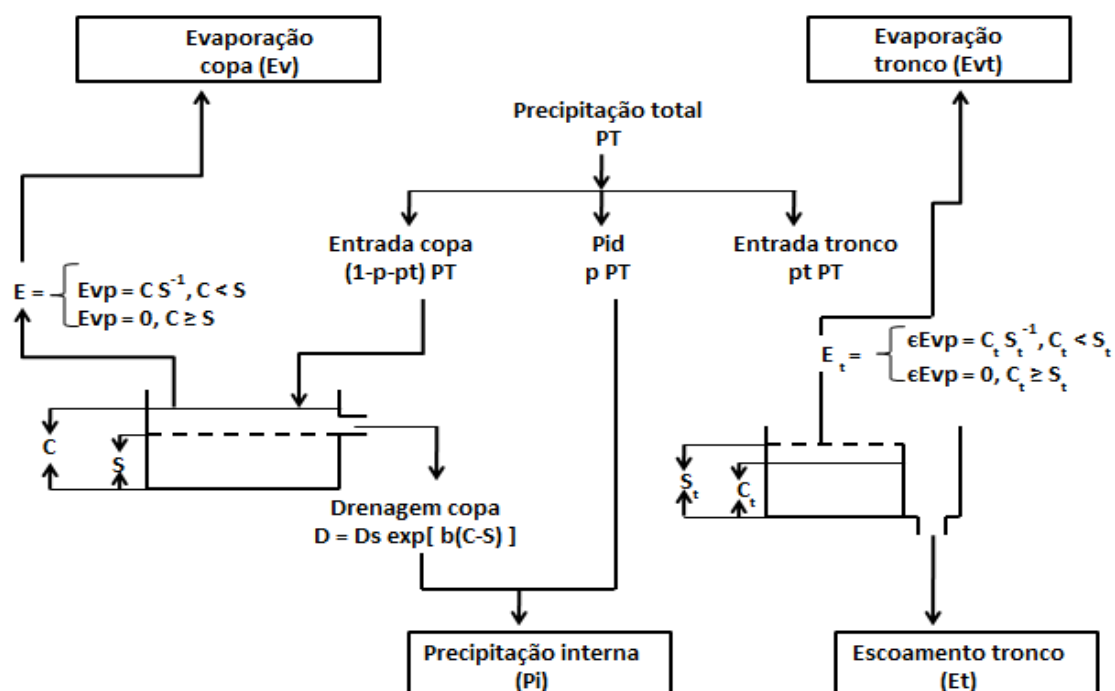


Figura 7 – Estrutura geral do modelo de Rutter adaptado por Gash e Morton, 1978.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vegetação e Precipitação

Como mencionado anteriormente, alguns parâmetros da vegetação local foram necessários para a aplicação do modelo de Rutter, como pode ser observado na tabela a seguir (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros de entrada do modelo de Rutter.

PARÂMETROS DE ENTRADA DO MODELO DE RUTTER			
Lat:	-10,317 (dec)	Latitude	
Lon:	-36,6503 (dec)	Longitude	
Alb:	0,25 (dec)	Albedo	
Alt:	20 (m)	Altitude	
Anem:	2 (m)	Altura do Anemômetro	
HC:	10 (m)	Altura da Cultura	
IAF:	1,5 (adm)	Índice de Área Foliar	
pql:	0,82 (dec)	% Queda Livre	
pt:	0,0104 (dec)	% Escorrimento pelo Tronco	
Sc:	0,53 (mm)	Cap. Max. Armazenamento do Dossel	
St:	0,0162 (mm)	Cap. Max. Armazenamento do Tronco	
Ss:	1,12 (mm)	Cap. Max. Armazenamento da Serrapilheira	
xt:	0,1 (dec)	% Evaporação do Tronco	
kext:	0,41 (adm)	Coefficiente de Extinção	

Os parâmetros de vegetação encontrados para inserir no modelo de Rutter foram obtidos do trabalho de Lima (2017).

Posteriormente, para estimar a Interceptação (I) da precipitação pluvial com a utilização do modelo de Rutter foi realizada a repartição da precipitação medida no fragmento de Mata Atlântica da bacia experimental do rio Timbó. Para este período, o total precipitado foi de 658,4 mm. Obteve-se uma grande amplitude de variação da precipitação no aberto (PA), com mínimo de 2,67 mm e máximo de 190,98 mm.

A precipitação interna (PI) alcançou um volume total de 518,5 mm, representando 78,75% da precipitação total incidente acima do dossel (Tabela 3). Estes valores estão de acordo com diversos trabalhos realizados no Brasil, especificamente em regiões de Mata Atlântica, como por exemplo, o estudo de ARCOVA et al. (2003) que encontraram valores variando entre 57% e 85% em Floresta de Mata Atlântica no estado de São Paulo. Já OLIVEIRA JÚNIOR e DIAS, (2005) encontraram a precipitação interna correspondendo a 80% em fragmento secundário da Mata Atlântica em Minas Gerais e SOUSA et al. (2016), 86% para floresta ombrófila mista também em São Paulo.

O valor total de ET para o período de monitoramento foi 0,7 mm (Tabela 2). O processo de escoamento pelo tronco teve início a partir dos eventos de precipitação superiores a 8,0 mm, indicando que valores de precipitações inferiores a estes não foram capazes de desencadear o processo. Assim, nas precipitações abaixo de 8,00 mm a chuva retida pela copa ou pelo próprio tronco, retornou à atmosfera por evaporação, ou ainda, incidiu diretamente sobre o solo através da precipitação interna, ou seja, pelo gotejamento das folhas (SHINZATO et al, 2011). A relação entre o escoamento pelo tronco e precipitação no aberto encontrada nesse trabalho foi abaixo de 1%, corroborando com os resultados obtidos por ARCOVA et al. (2003) 0,2% e 1,7% por OLIVEIRA JÚNIOR e DIAS (2005) ambos em fragmentos florestais secundários de Mata Atlântica. ALVES et al. (2007) 0,38% em uma floresta em regeneração inicial de Minas Gerais; MOURA et al. (2009) 0,4% para fragmento de Floresta Atlântica de Pernambuco e TONELLO et al. (2014) 1,0% em floresta estacional semidecidual no Rio de Janeiro.

No entanto, estes valores, além de sofrerem variações devido aos locais de suas coletas, também podem ter sido influenciados por parâmetros inerentes à vegetação

como: altura do indivíduo, CAP, área de copa, forma da copa, altura da copa, qualidade de copa e fuste, densidade de copa, posição dos ramos e índice de área foliar (SCHEER, 2009; OLIVEIRA, 2015).

A precipitação que efetivamente alcançou o piso florestal da bacia do Timbó durante o período de estudo correspondeu a 519,2 mm, representando 79% de PA. Esse resultado é similar aos encontrados em outras regiões de Mata Atlântica. Como no trabalho de LORENZON et al. (2013) que estimaram a precipitação efetiva em média 74,93% e 85,08 para o estágio inicial e avançado de regeneração, ao passo que DINIZ et al. (2013) obtiveram valores entre 76 e 79% em diferentes estágios sucessionais de Mata Atlântica no Rio de Janeiro e OLIVEIRA (2013) encontrou valores entre 71% e 83% em diferentes estágios de regeneração em um fragmento de mata em Minas Gerais.

A interceptação totalizou 139,3 mm, equivalente a 21,1% da precipitação no aberto. Foram observadas perdas por interceptação variando entre 12,69% e 36,98% da PA, durante o período de monitoramento. Em estudos realizados por ARCOVA et al. (2003), OLIVEIRA JÚNIOR e DIAS (2005), THOMAZ (2005), ALVES et al. (2007), MOURA et al. (2009), DINIZ et al. (2013) e SOUSA et al. (2016) mostram que os valores interceptados pela vegetação da Mata Atlântica podem variar entre 4,20 e 52,40% da precipitação total incidente. O valor médio referente a esses estudos estima que um percentual de 20,65% das chuvas são interceptadas pela vegetação.

Tabela 3. Valores da precipitação no aberto (PA), precipitação interna (PI), escoamento pelos troncos (Et) e interceptação (I) para o período de 22 de maio a 26 de setembro 2017 em (mm), em um fragmento de Mata Atlântica da bacia experimental Timbó, Sergipe.

Data	PA (mm)	PI (mm)	Et (mm)	PE (mm)	I (mm)	I (mm) %
22/05/2017	12,05	8,76	0,01	8,77	3,28	27,23
24/05/2017	190,98	146,07	0,07	146,14	44,84	23,48
01/06/2017	8,02	6,81	0,00	6,81	1,21	15,04
09/06/2017	2,67	2,13	0,00	2,13	0,54	20,22
12/06/2017	14	11,14	0,01	11,16	2,84	20,30
14/06/2017	24,19	19,49	0,03	19,52	4,67	19,30
19/06/2017	63,66	50,53	0,08	50,60	13,06	20,51
21/06/2017	61,11	48,59	0,12	48,71	12,40	20,29
26/06/2017	36,92	30,85	0,03	30,88	6,04	16,35
05/07/2017	15,27	11,42	0,01	11,43	3,84	25,16
07/07/2017	13,36	10,43	0,01	10,45	2,91	21,80
11/07/2017	17,7	13,14	0,01	13,15	4,55	25,71
20/07/2017	4,45	2,80	0,00	2,80	1,65	36,98
27/07/2017	15,27	11,76	0,01	11,77	3,50	22,94
01/08/2017	33	28,17	0,06	28,23	4,77	14,46
15/08/2017	10,18	8,13	0,01	8,14	2,04	19,99
24/08/2017	20,37	15,45	0,02	15,47	4,90	24,07
28/08/2017	15,91	12,56	0,01	12,56	3,35	21,05
18/09/2017	56,02	43,23	0,12	43,36	12,66	22,60
21/09/2017	10,18	8,17	0,01	8,18	2,00	19,67
26/09/2017	33,1	28,87	0,03	28,90	4,20	12,69

Fonte: LIMA, 2017.

A partir desses dados, foi possível realizar a calibração do modelo de Rutter, ou seja, de 22 de maio de 2017 a 26 de setembro de 2017. Uma vez calibrado, o modelo de Rutter apresentou estimativas bastante satisfatórias dos parâmetros analisados, pois, apresentaram boa correlação com os dados medidos.

A PA medida quando correlacionada com a PA estimada pelo modelo de Rutter, apresentou um elevado coeficiente de determinação $R^2 = 0,9464$, considerado satisfatório (Figura 7).

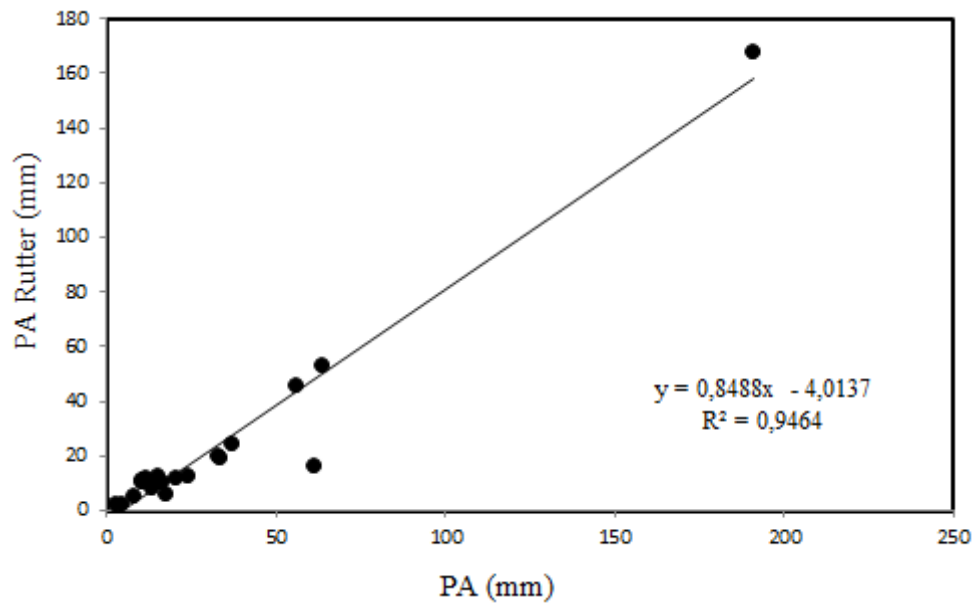


Figura 7: Regressão linear entre a precipitação no aberto (PA) medida e a precipitação no aberto estimada pelo modelo de Rutter (PA Rutter).

A precipitação interna (PI) estimada pelo modelo de Rutter foi 335,9 mm para os 21 eventos analisados. Quando feita uma análise de regressão linear para avaliar o coeficiente de determinação da PI medida com a PI estimada pelo modelo de Rutter, o resultado mais uma vez foi relevante, pois apresentou como $R^2 = 0,9069$ (Figura 8).

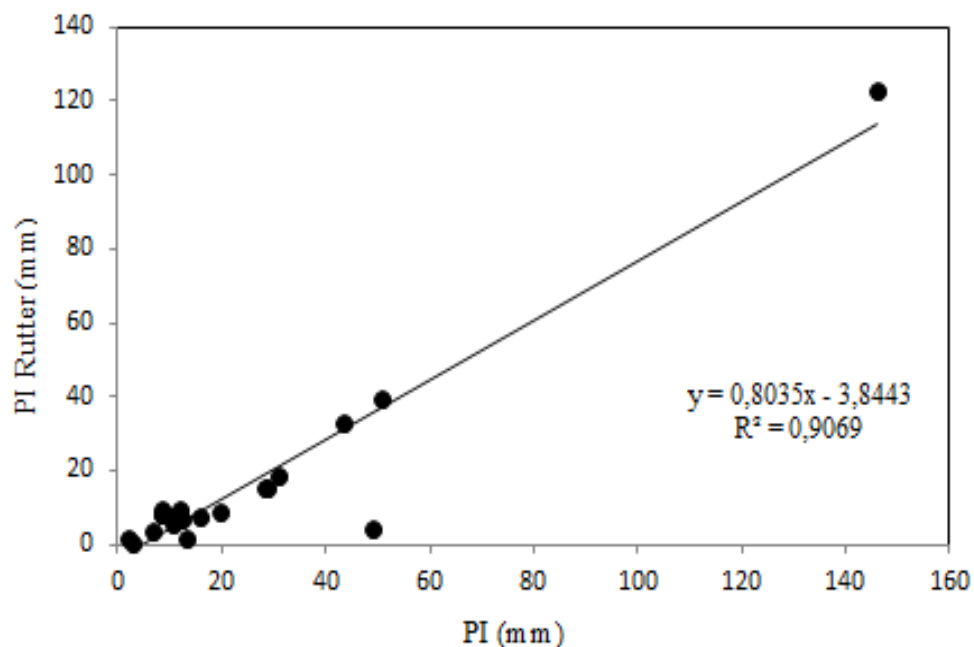


Figura 8: Regressão linear entre a precipitação interna (PI) medida e a precipitação interna estimada pelo modelo de Rutter (PI Rutter).

Os parâmetros de precipitação efetiva (PE), escoamento pelo tronco (ET) e interceptação (I), estimados pelo modelo de Rutter foram, em milímetros, 336,7, 0,9 e 137,9, valores equivalentes a 71%, 0,2% e 29%, respectivamente, da precipitação total estimada pelo modelo. Após ser realizada a regressão linear entre a interceptação (I) medida pelos pluviômetros e a estimada pelo modelo de Rutter (I Rutter), o coeficiente de determinação encontrado foi $R^2 = 0,9996$ (Figura 9).

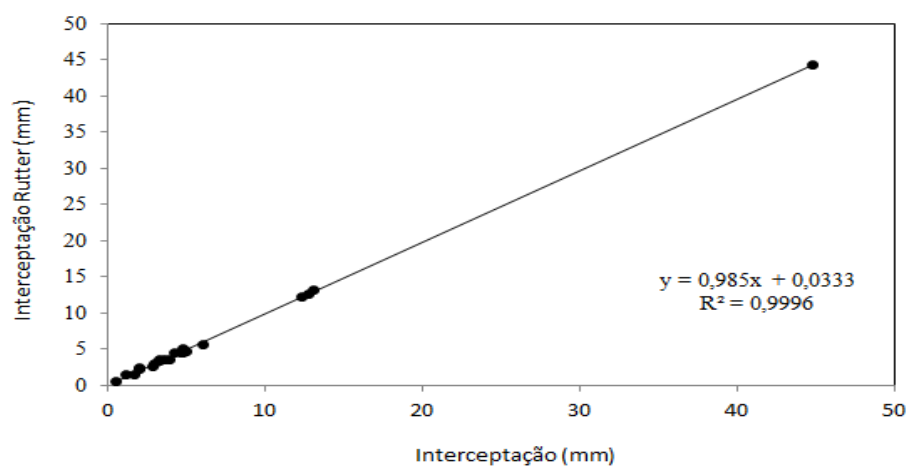


Figura 9: Regressão linear entre a interceptação (I) medida e a interceptação estimada pelo modelo de Rutter (I Rutter).

Valores Estimados – Modelo de Rutter

Uma vez que o modelo de Rutter foi calibrado, pôde-se realizar a estimativa da interceptação da precipitação para o período de 02/10/2017 a 24/03/2018, totalizando 21 eventos de precipitação na área estudada. O total precipitado estimado para esse período foi de 234,21 mm, quantidade inferior ao período utilizado para calibração do modelo. Isso pode ser explicado por esse ser um período considerado de poucos eventos de precipitações, ou seja, um período de estiagem.

As variáveis precipitação interna (PI) e a precipitação no aberto (PA) que foram modeladas, correlacionaram-se por meio de uma regressão linear simples, com elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9947$) mostrando que a precipitação interna pode ser explicada pela precipitação total acima do dossel em mais de 77,8% (Figura 10). Resultados semelhantes a estes foram encontrados por LORENZON (2011) e OLIVEIRA (2015).

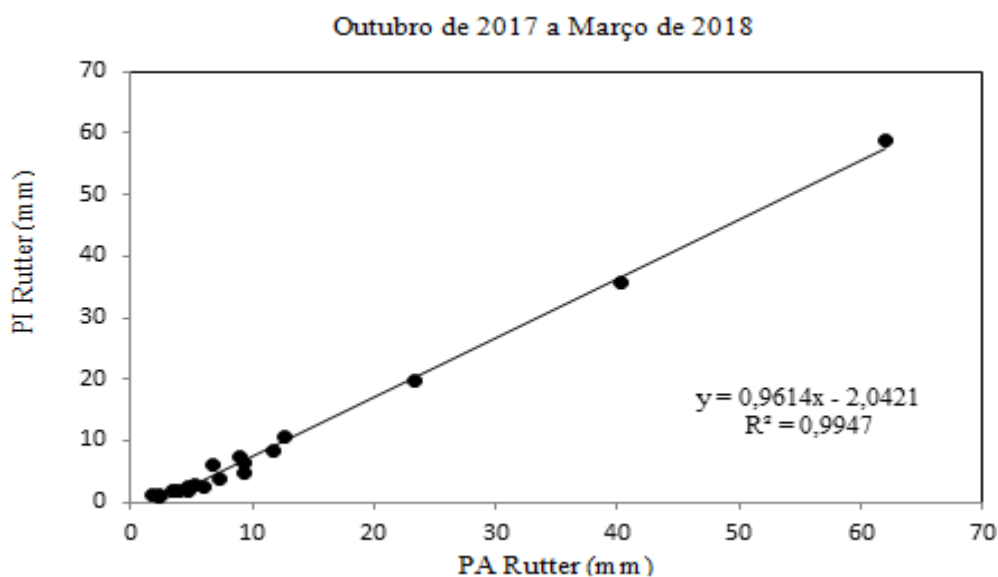


Figura 10: Regressão linear entre a precipitação no aberto (PA) e a precipitação interna (PI), ambas estimadas pelo modelo de Rutter.

A precipitação interna (PI) estimada pelo modelo teve um total de 182,28 mm, com amplitude variando entre 1 e 59 mm. Resultados similares foram estimados nos estudos realizados por OLIVEIRA JÚNIOR e DIAS (2005), sendo 1,3 mm para um fragmento secundário de Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais. Essa variável representou 77,8 % da PA. Estudos de percentuais médios de precipitação interna, escoamento pelo tronco e interceptação em relação à precipitação no aberto, são intermediários aos encontrados nos estudos desenvolvidos em Mata Atlântica. Diferenças climáticas, de características da vegetação e metodológicas são fatores que contribuem para este comportamento (Bruijnzeel, 1990). Porém, tal fato não é verificado quando os resultados são comparados com os obtidos por Arcova et al. (2003), os quais os valores de precipitação interna e interceptação são muito próximos, da ordem de 81 e 18%, respectivamente. A similaridade dos resultados deve-se à homogeneidade climática e da tipologia da vegetação nas microbacias.

O valor total do escoamento pelo tronco (ET) estimado pelo modelo de Rutter foi 1,53 mm, correspondendo a 0,7% do total precipitado. O coeficiente de correlação entre a precipitação no aberto e a variável escoamento pelo tronco $R^2 = 0,9777$ foi considerado elevado (Figura 11). A relação entre o escoamento pelo tronco e precipitação no aberto encontrada nesse trabalho foi abaixo de 1%, e está de acordo com os resultados obtidos por OLIVEIRA JÚNIOR e DIAS (2005) 1,7% em fragmentos florestais secundários de Mata Atlântica.

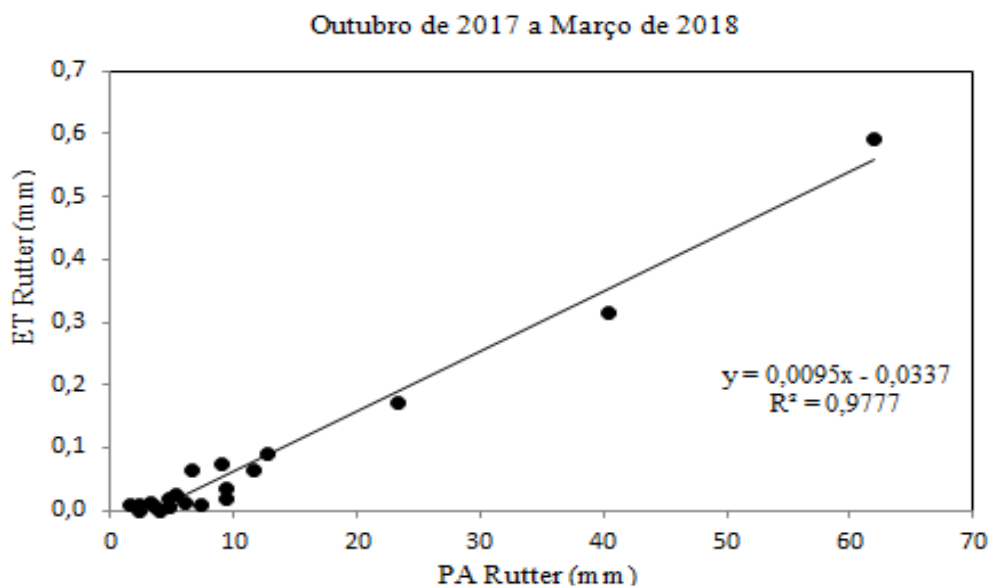


Figura 11 – Regressão linear entre a precipitação no aberto (PA) e o escoamento pelo tronco (ET) ambos estimados pelo modelo de Rutter.

No entanto, estes valores, além de sofrerem variações devido aos locais de suas coletas, também podem ser influenciados por parâmetros inerentes à vegetação, como: altura do indivíduo, CAP, área de copa, forma da copa, altura da copa, qualidade de copa e fuste, densidade de copa, posição dos ramos e índice de área foliar (SCHEER, 2009; OLIVEIRA, 2015).

Para todos os eventos, registrou-se um total interceptado (I) estimado em 45 mm, correspondendo a 19,21% da PA. Foram observadas perdas por interceptação variando entre 3,45% e 50,98% da PA, durante o período da modelagem. Esses valores encontrados por meio da estimativa do modelo de Rutter, corroboram com estudos realizados por ARCOVA et al. (2003), OLIVEIRA JÚNIOR e DIAS (2005), THOMAZ (2005), ALVES et al. (2007), MOURA et al. (2009), DINIZ et al. (2013) e SOUSA et al. (2016) mostrando que os valores interceptados pela vegetação da Mata Atlântica podem variar entre 4,2 e 52,4% da precipitação total incidente. Tal resultado encontrado por meio da simulação para os valores precipitados, não significa que o modelo de Rutter simulou a I tão bem para todos os eventos de chuva, visto que, houve episódios de subestimação mais acentuada para eventos de altura pluviométrica inferiores a 10 mm. No entanto, estudos realizados em diferentes tipos florestais observaram bom desempenho para o modelo de Rutter, como verificado nas pesquisas de Oliveira et al. (2008) e Sá et al. (2015).

O valor médio referente a esses estudos estima que um percentual de 20,65% das chuvas são interceptadas pela vegetação (LIMA, 2017) (Tabela 4).

Tabela 4: Valores médios de Interceptação para o bioma da Mata Atlântica em diferentes regiões do Brasil.

Autores	Local do estudo	Interceptação (%)
Almeida e Soares (2003)	Floresta Ombrófila Densa no município de Aracruz- Espírito Santo.	24%
Arcova et al. (2003)	Floresta Secundária de Mata Atlântica em Cunha-São Paulo.	18,6 %
Oliveira Júnior e Dias (2005)	Mata Secundária em Viçosa, Minas Gerais	18,3 %
Thomaz (2005)	Floresta secundária de Mata Atlântica, centro sul do Paraná.	23%
Alves et al. (2007)	Fragmento de Mata Atlântica em estágios de avançado e inicial de regeneração, Minas Gerais.	18,37% e 20,57%
Moura et al. (2009)	Floresta de Mata Atlântica na bacia do Prata, Pernambuco.	12,7%
Diniz et al. (2013)	Floresta Atlântica em diferentes estágios de sucessão, Pinheiral- Rio de Janeiro	22,1%, 20,73% e 23,01%
Sousa et al. (2016)	Floresta Ombrófila Mista Alto Montana no Parque Estadual de Campos do Jordão, São Paulo.	14%
Lima (2017)	Fragmento Florestal de Mata Atlântica na bacia experimental do Timbó, Sergipe	21%
Presente Estudo	Modelagem da Interceptação em Fragmento Florestal de Mata Atlântica na bacia experimental do Timbó, Sergipe	24,1%

Fonte: adaptado de LIMA (2017).

Comparando os valores encontrados nesse estudo com outras regiões, nota-se que o modelo de Rutter conseguiu estimar valores de interceptação na mesma magnitude que os trabalhos de Arcova, Cicco e Rocha (2003) em Mata Atlântica no Brasil, pois encontraram perdas de 23,6%; em estudos conduzidos fora do Brasil as interceptações situam-se na faixa de 12 a 36% (CHEN; LI, 2016; FAN et al., 2014;

MUŻYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012; OYARZÚN et al., 2011; ZHANG et al., 2015; ZHANG et al., 2016).

Os dados de precipitação em aberto e da interceptação do modelo de Rutter foram submetidos à análise de regressão linear e apresentou um expressivo coeficiente de determinação $R^2 = 0,9677$. Ajustes semelhantes foram verificados nos estudos de ARCOVA et al. (2003) e LOREZON et al. (2013) e ligeiramente diferentes aos encontrados por SARI et al. (2013) e DINIZ et al. (2016). Essas variações podem ser explicadas pelas diferenças climáticas, características da vegetação e pelo procedimento metodológico de cada estudo, o que dificulta a comparação e sugere a necessidade de mais investigação.

6. CONCLUSÃO

A aplicação do modelo de Rutter utilizado neste trabalho para estimar a perda por interceptação predisse a interceptação vegetal de maneira satisfatória para a área com fragmento de Mata Atlântica.

Diante dos resultados, torna-se viável a utilização do modelo de Rutter para simular as perdas por interceptação pela vegetação para a região.

Este trabalho pode ser considerado pioneiro, pois seus resultados são inéditos sobre a modelagem da interceptação das chuvas para as bacias hidrográficas que apresentem fragmentos de Mata Atlântica em Sergipe.

7. REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A.A., et al., **Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management.** Fish.Res., 2015.

AGUIAR NETTO, A. O. et al. Physical and chemical characteristics of water from the hydrographic basin of the Poxim River, Sergipe State, Brazil. **Environmental monitoring and assessment**, v. 185, n. 5, p. 4417–26, 2013.

_____. **Água e Ambiente no Baixo São Francisco Sergipano.** In: LUCAS, A. AN. T; AGUIAR NETTO, A.O. (Orgs.). Águas do São Francisco. São Cristovão: Editora-ufs, 2011.

ALBERGEL, J.; COLLINET, J.; ZANTE, P.; HAMROUNI, H. Role of the Mediterranean forest in soil and water conservation. Water for forests and people in the Mediterranean region: a challenging balance. **What Science Can Tell Us**, n. 1, 2011.

ALMEIDA, A. C.; SOARES, J. V. Comparação entre uso da água em plantações de Eucalyptus grandis e floresta ombrófila densa (mata atlântica) na costa leste do Brasil. **Rev. Árvore**, v. 27, p.159-170. 2003.

ALVES, R. F.; TEIXEIRA, H. C. D; OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; MOTA GARCIA, F. N. **Avaliação da precipitação efetiva de um fragmento de Mata Atlântica em diferentes estágios de regeneração no município de Viçosa, MG.** Ambiente & Água- An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v.2. 2007.

ANA – Agência Nacional das Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012.** Brasília, DF. 2012.

ATTAROD, P.; SADEGHI, S. M. M.; PYPKER, T. G.; BAGHERI, H.; BAGHERI, M.; BAYRAMZADEH. Needle-leaved trees impacts on rainfall interception and canopy storage capacity in an arid environment. **New Forests**, v. 46, n. 3, p. 339-355, 2015.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318p.

BRASIL, J. B.; PALÁCIO, H. A. Q.; ARAUJO NETO, J. R.; RIBEIRO FILHO, J. C.; ANDRADE, E. M. Características das chuvas e interceptação vegetal no bioma caatinga. **IRRIGA**, v. 22, n. 3, p. 560-574, 2017.

BRUIJNZEEL, L. A. The hydrological cycle in moist tropical forest. In: BRUIJNZEEL, L. A. **Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review**. Amsterdam: IAHS, p. 5-38, 1990.

BURIOL, G. A. Balanço Hídrico. In: RIGHES, A. A. (Org.); BURIOL, G. A. (Org.); BOER, N. (org.). **Água e educação: princípios e estratégias de uso e conservação**. Santa Maria, RS: Centro Universitário Franciscano, 2009. cap. 4.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CAMPOS, N. O Modelo Institucional. In: Gestão de Águas: Princípios e Práticas. 1ª Edição, **Coleção ABRH de Recursos Hídricos**, p. 39 – 51. Porto Alegre – RS, 2001.

CHEN, Y. Y.; LI, M. H. Quantifying Rainfall Interception Loss of a Subtropical Broadleaved Forest in Central Taiwan. **Water**, Haidian, v. 8, n. 1, p. 14, 2016.

COELHO NETTO, A. L.; SANCHE, M.; PEIXOTO, M. N. O. Precipitação e interceptação florestal em ambiente tropical montanhoso, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia**, v. 4, n. 2, p. 55-71, 1986.

COUTURIER, D. E.; RIPLEY, E. A. Rainfall interception in mixed grass prairie. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 53, p. 659 - 663, 1973.

CROCKFORD, R., Richardson, D. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. **Hydrological Processes**, v.14, p.2903–2920, 2000.

CUARTAS, L. A.; TOMASELLA, J.; NOBRE, A. D.; HODNETT, M. G.; WATERLOO, M. J.; MÚNERA, J. C. Interception water-partitioning dynamics for a pristine rainforest in Central Amazonia: marked differences between normal and dry years. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.145, p.69-83. 2007.

DOMINGO, F. et al. Measurement and modelling of rainfall interception by three semi-arid canopies. **Agricultural and forest meteorology**, v. 91, n. 3, p. 275-292, 1998.

DUNKERLEY, D. Measuring interception loss and canopy storage in dryland vegetation: a brief review and evaluation of available research strategies. **Hydrological Processes**, v.14, p.669–678, 2000.

FAN, J.; OESTERGAARD, K. T.; GUYOT, A.; LOCKINGTON, D. A. Measuring and modeling rainfall interception losses by a native Banksia woodland and an exotic pine plantation in subtropical coastal Australia. **Journal of hydrology**, v. 515, p. 156-165, 2014.

FATHIZADEH, O.; HOSSEINI, S. M.; ZIMMERMANN, A.; KEIM, R. F.; BOLOORANI, A. D. Estimating linkages between forest structural variables and rainfall interception parameters in semi-arid deciduous oak forest stands. **Science of The Total Environment**, v. 601, p. 1824-1837, 2017.

FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, A.N.; SANTOS, T.I.S; SANTOS, B.L.; MATOS, E.L.de. Nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio poxim, estado de Sergipe: da degradação à restauração. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.2, p.265-277, 2011.

GARCÍA ESTRÍNGANA, P. **Efectos de diferentes tipos de vegetación mediterránea sobre la hidrología y la pérdida de suelo.** (2011). Tese de Doutorado. Universidad de Alcalá

GIGLIO, J. N.; KOBAYAMA, M. Interceptação da chuva: uma revisão com ênfase no monitoramento em florestas brasileiras. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 2, p. 297-317, 2013.

GLEICK, P. H. The world's water. 2000-2001. **Report on Freshwater Resources**. Island Press, p. 315, 2000.

GLOVER, P. E.; GLOVER, J.; GWYNNE, M. D. Light Rainfall and Plant Survival in E. Africa II. Dry Grassland Vegetation. **Journal of Ecology**, v. 50, n. 1, p. 199-206, 1962.

GOLDENFUM, J. A. Pequenas bacias hidrográficas: conceitos básicos. In: PAIVA, J. B. D. (Org.); PAIVA, E. M. C. D. (Org.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre, RS: ABRH, 2001. p. 2-13.

HORTON, R. E. Rainfall interception. **Monthly Weather Review**, vol. 47, n. 9, p. 603-623, 1919.

HUTCHINSON, M. F. **Locally adaptive gridding of noisy high resolution topographic data**. XVIII Congresso Mundial IMACS e MODSIM09 Congresso Internacional sobre Modelagem e Simulação. Cairns, Austrália, 2009.

IHO. Manual on Hydrography. Mônaco: **International Hydrographic Bureau**, 540p, 2005.

IZÍDIO, N. S. C.; PALACIO, H. A. Q.; ADRADE, E. M.; ARAUJO NETO, J. R.; BATISTA, A. A. Interceptação da chuva pela vegetação da caatinga em microbacia no semiárido cearense. **Agro@mbiente On-line**, v. 7, p. 44-52-52, 2013.

JACKSON, N. Measured and modelled rainfall interception loss from an agroforestry system in Kenya. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 100, p. 232-336, 2000.

LIMA, J. F. **Interceptação da Precipitação Pluvial em Fragmentos de Floresta Semi-Decídua no estado de Sergipe**. 2017. 47 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2017.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Editora UNESP, 2. ed. Rev. E ampl. 253 p. 2003.

LAPPONI, J. C. **Estatística usando Excel**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

LEVIA, D., FROST, E. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. **Journal of Hydrology**, v.274, p.1–29, 2003.

_____. Variability of throughfall volume and solute inputs in wooded ecosystems. **Progress in Physical Geography**, v.30, p.605–632, 2006.

LEOPOLDO, P. R.; CONTE, M. L. Repartição da água de chuva em cobertura vegetal com características de cerrado. In: Simpósio Brasileiro De Hidrologia E Recursos Hídricos E Simpósio Internacional De Recursos Hídricos Em Regiões Metropolitanas, 6., 1985, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABRH, v. 3. p. 212-220, 1985.

LIMA, W. P (Org.); ZAKIA, M. J. B. (Org.). **As florestas plantadas e a água: implementando o conceito de microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos, SP: RiMa. 218 p, 2006.

_____. Hidrologia de plantações de eucaliptos. In: LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Universidade de São Paulo, p. 51-137, 1993

_____. Precipitação efetiva e interceptação em florestas de pinheiros tropicais e em reserva de cerrado. **IPEF**, n. 24, p. 43-46, 1983.

LIMA, P. R. A.; LEOPOLDO, P.R. Quantificação de componentes hidrológicos de uma mata ciliar, através do modelo de balanço de massas. **Rev. Árvore**, Viçosa, v.24, p.241-252, 2000.

LLOYD, C. R.; MARQUES, A. O. Spatial variability of throughfall and stemflow measurements in Amazonian rainforest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 42, n. 1, p. 63-73, 1988.

LLORENS, P., Domingo, F. Rainfall partitioning by vegetation under mediterranean conditions. A review of studies in Europe. **Journal of Hydrology**, v.335, p.37–54, 2007.

LORENZON, A. S.; DIAS, H. C. T.; TONELLO, K. C. Escoamento da água da chuva pelo tronco das árvores em uma floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore (Online)**, v. 39, 2015.

LOSHALI, D. C.; SINGH, R. P. Partitioning of rainfall by three Central Himalayan forests. **Forest Ecol. Manage.**, Amsterdam, v.53, p.99-105, 1992.

MAGALHAES JÚNIOR, A. P.; CORDEIRO NETTO, O. M. Ciência, cognição e informação na operacionalização da gestão participativa da água no Brasil. **Sociedade e Estado**, v. 18, n. 1/2, 2003.

MASSUEL, S.; GEORGE, B. A.; VENOT, J. P.; BHARATI, L.; ACHARYA, S. Improving assessment of groundwater-resource sustainability with deterministic modelling: a case study of the semi-arid Musi sub-basin, South India. **Hydrogeology journal**, v. 21, n. 7, p. 1567, 2013.

MEDEIROS, P.H.A.; ARAÚJO, J.C.; BRONSTERT, A. Interception measurements and assessment of Gash model performance for a tropical semiarid region. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v.40, n. 2, p.165–174, 2009.

MONTENEGRO, S.; RAGAB, R. Impact of possible climate and land use changes in the semi arid regions: A case study from North Eastern Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 434 - 435, p.55 - 68, 2012.

MUZYLO, A. et al. A review of rainfall interception modelling. **Journal of hydrology**, v. 370, n. 1, p. 191-206, 2009.

NAVAR, J. Fitting rainfall interception models to forest ecosystems of Mexico. **Journal of Hydrology**, v. 548, p. 458-470, 2017.

_____. Interception loss from the Tamaulipanmatorralthornscrub of north-eastern México: an application of the Gash analytical interception loss model. **Journal of Arid Environments**, 41, 1-10, 1999a.

_____. Fitting the analytical model of rainfall interception of Gash to individual shrubs of semi-arid vegetation in northeastern México. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 68, p. 133-143, 1994.

OLIVEIRA, L. L. et al. Modelagem da Intercepção na Floresta Nacional de Caxiuanã, no Leste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.3, 318-326, 2008a.

ONG, C.K. et al. Productivity, microclimate and water use in *Grevillea robusta*-based agroforestry systems on hillslopes in semi-arid Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.80, p. 121–141, 2000.

PRESSALAND, A. J. Rainfall partitioning by an arid woodland (*acacia aneura* f. Muell.) In south-western Queensland. **Aust. J. Bot.**, v. 21, p. 235-245, 1973.

REYNOLDS, J. F. Desertification. In: Levin SA (ed) Encyclopedia of biodiversity, vol 2. **Academic Press**, London, pp 61–78. 2001.

RENNÓ, C. D.; SOARES, J. V. Uso do índice topográfico como estimador da profundidade do lençol freático. **Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Belo Horizonte, MG, Brasil. 2003.

ROGERS, P. P. et al. (Ed.) **Water crisis: myth or reality?** London: Fundación Marcelino. 2006.

ROWAILY, S. L. A.; BANA, M. I. E.; DUJAIN, A. R. A. Changes in vegetation composition and diversity in relation to morphometry, soil and grazing on a hyper-arid watershed in the central Saudi Arabia. **Catena** v. 97, p. 41–49, 2012.

RUTTER, A. J. et al. A predictive model of rainfall interception in forests. I. Derivation of the model from observations in a plantation of Corsican pine. **Agricultural Meteorology**, v. 9, n. 2, p. 367-384, 1971.

_____. The hydrological cycle in vegetation. **Vegetation and the Atmosphere**, v. 1, p. 111-154, 1975.

SADEGHI, S. M. M.; ATTAROD, P.; VAN STAN, J. T.; PYPKER, T. G. The importance of considering rainfall partitioning in afforestation initiatives in semiarid climates: A comparison of common planted tree species in Tehran, Iran. **Science of the Total Environment**, v. 568, p. 845-855, 2016.

_____. Differences in rainfall interception during the growing and non-growing seasons in a *Fraxinus rotundifolia* Mill. plantation located in a semiarid climate. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 17, n. 1, p. 145-156, 2015.

SERGIPE.SMARH/SRH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos/Superintendência de Recursos Hídricos: **Atlas digital sobre recursos hídricos**. DVD-ROM, 2012.

SHARDA, V. N.; KUROTHE, R. S.; SENA, D. R.; PANDE, V. C.; TIWARI, S. P. Estimation of groundwater recharge from water storage structures in a semi-arid climate of India. **Journal of Hydrology**, v. 329, n. 1, p. 224-243, 2006.

SILVEIRA, P. M. et al. Trabalho de Macrodrenagem: Assoreamento na Primeira Represa da UFV. CIV-347 – SISTEMAS DE ESGOTOS. **Universidade Federal de Viçosa**. Minas Gerais. 2009.

SILVESTRE, M. R. **Técnicas estatísticas utilizadas em climatologia geográfica: diagnóstico e propostas**. 2016.

SOUSA SILVA, L.C. **Bacia Hidrográfica do rio Sergipe: Desafios à Gestão das águas**. 1º ed. Aracaju: Criação, p. 252, 2015.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G. Gerenciamento da qualidade da água de represas. Séries Diretrizes para o gerenciamento de lagos, vol. 9. São Carlos: **International Lake Environmental Commite**, 280 p., 2000.

_____. State of the art of reservoir limnology and water quality management. In: STRASKRABA, M; TUNDISI J. G.; DUNCAN, A. Comparative reservoir limnology and water quality management, **Dordrecht: Kluwer Academics Publisher Group**. p. 213-288. 1993.

SWAROWSKY, A. et al. Research connects soil hydrology and stream water chemistry in California oak woodlands. **CaliforniaAgriculture**, v. 64, p. 78-84, 2010.

TUCCI, C. E. M. Controle de Enchentes. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre, RS: ABRH-Edusp, 1993. cap. 4.

_____. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/ Editora da UFRGS, 1997.

XIAO, Q., MCPERSON, E., USTIN, S., GRISMER, M.A new approach to modeling tree rainfall interception.**Journal of Geophysical Research**, v.105, p.173–188, 2000.

ZHANG, Y. F. et al. Stemflow in two xerophytic shrubs and its significance to soil water and nutrient enrichment.**Ecological research**, v. 28, n. 4, p. 567-579, 2013.

_____. Rainfall partitioning into throughfall, stemflow and interception loss by two xerophytic shrubs within a rain-fed re-vegetated desert ecosystem, northwestern China.**JournalofHydrology**, Amsterdam, v. 527, p. 1084-1095, 2015.

_____. Gross rainfall amount and maximum rainfall intensity in 60-minute influence on interception loss of shrubs: a 10-year observation in the Tengger. Desert.**Scientific reports**, v. 6, 2016.